

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-340849

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

H01L 41/083

(21)Application number : 11-151577

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 31.05.1999

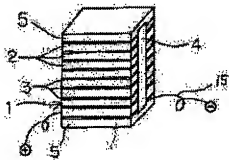
(72)Inventor : ONIZUKA KATSUHIKO
HIGASHIBETSUPU MAKOTO
SETOGUCHI TAKESHI

(54) STACKED PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stacked piezoelectric actuator which can fully secure connection between one internal electrode and an external electrode and also can secure insulation between the other internal electrode and an external electrode without fail, even when it operates continuously over a long period at high speed with high applied electric voltage.

SOLUTION: This stacked piezoelectric actuator possesses an actuator body 1, where the ends of an internal electrode 3 are exposed to two sides, and external electrodes 4 at the two sides of this actuator body 1. Then, for the external electrode 4, a plurality of recesses 7 are formed at specified intervals in a conductive plate 6, and also insulators 8 are stored in these recesses 7, and the insulators 8 of the external electrodes 4 are abutted alternately against the ends of the internal electrodes 3, and moreover the conductive projection 9 between the recesses 7 in the conductive plate 6 is bonded to the end of the internal electrode 3 which is not in contact with the insulator 8 with a conductive adhesive 10.



(51) Int.Cl.
H 01 L 41/083

識別記号

F I
H 01 L 41/08サーチワード (参考)
Q
S

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-151577

(22) 出願日 平成11年5月31日 (1999.5.31)

(71) 出願人 000006833

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72) 発明者 奥塚 克彦

鹿児島県分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者 奥別府 誠

鹿児島県分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者 瀬戸口 剛

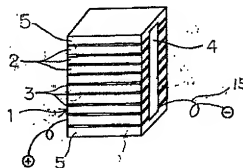
鹿児島県分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 高い印加電圧で高速で長期間連続作動する場合でも、一方の内部電極と外部電極との接続を十分に確保できるとともに、他方の内部電極と外部電極との絶縁を確実に確保できる積層型圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 2つの側面に内部電極3の端部が露出したアクチュエータ本体1と、該アクチュエータ本体1の2つの側面に外部電極4とを具備し、外部電極4が、導電板6に所定間隔を置いて凹部7を複数形成するとともに、該凹部7に絶縁体8を收容してなり、外部電極4の絶縁体8を内部電極3の端部に交互に当接せしめ、かつ導電板6の凹部7間における導電凸部9を、絶縁体8と非当接の内部電極3の端部に導電性接着剤10で接着した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、少なくとも2つの側面に前記内部電極の端部が露出したアクチュエータ本体と、該アクチュエータ本体の2つの側面にそれぞれ形成され、前記内部電極の端部が交互に接続する外部電極とを具備した積層型圧電アクチュエータであって、前記外部電極が、導電板に複数の凹部を所定間隔を置いて形成するとともに、該凹部に絶縁体を収容してなり、前記外部電極の絶縁体を前記内部電極の端部に交互に当接せしめ、かつ前記導電板の凹部間における導電凸部を、前記絶縁体と非当接の前記内部電極の端部に導電性接着剤で接着したことを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】凹部内面に酸化物質が形成されていることを特徴とする請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータに係わり、例えば、自動車用燃料噴射弁、光学装置等の精密位置決め装置や振動防止用の駆動素子等に使用される積層型圧電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来技術】従来、電圧効果を利用して大きな変位量を得るために、圧電体と内部電極層を交互に積層した積層型圧電アクチュエータが提案されている。積層型圧電アクチュエータには、同時焼成タイプと圧電磁器と内部電極層を交互に積層したスタックタイプの2種類に分類されており、低電圧化、製造コスト低減の面から考慮すると、同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータが薄層化に対して有利であるために、その優位性を示しつつある。

【0003】同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータとして、例えば、特公4-51992号公報に記載されているように、電圧効果を示す圧電体と内部電極とが交互に積層され、一体に焼成された積層焼結体からなるアクチュエータ本体であって、各内部電極の形状が圧電体の積層方向に垂直な断面形状のうち、その外周部を含む一部分が除去された形状であり、また、各内部電極はその除去された部分が積層方向に対して、互いに隣り合う内部電極の間では重なり、一層おきの内部電極の間では重なるように積層されており、アクチュエータ本体の側面に前記除去された部分に対応する位置には、各内部電極を一周おきに接続する外部電極がそれぞれ形成されたものが開示されている。

【0004】また、特開4-237172号公報には、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、絶縁層と同じピッチで、かつ絶縁層の側面より

やや大きい凹部を形成し、この凹部内に絶縁層を収容するようにして、かつ、凹部間の凸部に、絶縁層が形成されていない内部電極の端部を導電性接着剤で接着することにより、外部電極と一方の内部電極との電気的接続を確保し、他方の内部電極との絶縁性を確保した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年においては、小型の圧電アクチュエータで大きな圧力下において大きな変位量を確保するため、より高い電界を印加し、長期間連続駆動させることが行われているが、高電界、高圧力下で長期間連続駆動させた場合、圧電体間に形成された内部電極と正極、負極用の外部電極との間で割離が発生し、一部の圧電素子に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0006】また、特開4-237172号公報に開示された積層型圧電アクチュエータでは、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部には一層おきにガラスからなる絶縁層が被覆され、内部電極とその両側の圧電体が強固に接合されており、この絶縁層が外部電極の凹部内に収容されて、外部電極と内部電極との絶縁性が確保されていたので、高電界、高圧力下で長期間連続駆動させた場合、ガラスからなる絶縁層に割れが生じ、この割れを介して内部電極と外部電極との間でショートし、一部の圧電体に電圧が供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0007】即ち、アクチュエータ本体は、圧電体と内部電極との積層方向に伸縮するため、内部電極の端部およびその近傍の圧電体に設けられた高ヤング率のガラスからなる絶縁層が、長期間連続駆動による伸縮動作に附えられずに破壊され、この破壊部分を介して内部電極と外部電極間でショートが発生し易いという問題があった。尚、圧電体および内部電極の端部に導電性接着剤が接着しているが、導電性接着剤は金属が主成分であり、低ヤング率であるため、ガラスからなる絶縁層よりは問題とならない。

【0008】本発明は、高い印加電界で高速で長期間連続動作する場合でも、一方の内部電極と外部電極との接続を十分に確保できるとともに、他方の内部電極と外部電極との絶縁を確実に確保できる積層型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アクチュエータは、複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、少なくとも2つの側面に前記内部電極の端部が露出したアクチュエータ本体と、該アクチュエータ本体の2つの側面にそれぞれ形成され、前記内部電極の端部が交互に接続する外部電極とを具備した積層型圧電アクチュエータであって、前記外部電極が、導電板に複数の凹部を所定間隔を置いて形成するとともに、該

凹部に絶縁体を収容してなり、前記外部電極の絶縁体を前記内部電極の端部に交互に当接せしめ、かつ前記導電板の凹部間における導電凸部を、前記絶縁体と非当接の前記内部電極の端部に導電性接着剤で接着したものである。ここで、凹部内面に酸化物膜が形成されていることが望ましい。

【0010】

【作用】本発明の積層型圧電アクチュエータでは、外部電極を、導電板に所定間隔を置いて凹部を複数形成するとともに、該凹部に絶縁体を収容して構成されており、一層厚みの内部電極の端部に絶縁体を当接するとともに、絶縁体と非当接の内部電極の端部に、導電板の凹部に形成された導電凸部を導電性接着剤で接着しているため、絶縁体は内部電極の端部および圧電体に当接しており、アクチュエータ本体が、圧電体と内部電極との積層方向に伸縮しても絶縁体には応力は殆ど作用せず、高電界、高圧力下で長期連続駆動させた場合でも絶縁体が破損することがない。このため、本来、絶縁されるべき外部電極と内部電極との間のショートが発生を防止でき、一方の内部電極と外部電極の電気的接続と、他方の内部電極と外部電極の絶縁性を確保でき、高速の連続駆動に對しても長時間の運転が可能となる。

【0011】また、凹部内面に酸化物膜を形成することにより、凹部内に収容された絶縁体が破損した場合でも、内部電極と外部電極との放電が、酸化物膜により阻止され、内部電極と外部電極間の高い絶縁性を確保できる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は本発明の積層型圧電アクチュエータの斜視図であり、図2は一部を拡大して示す断面図であり、図3は外部電極の一部を拡大して示す断面図である。

【0013】図1において、符号1は、複数の圧電体2と複数の内部電極3とを交互に積層してなる四角柱状のアクチュエータ本体を示すもので、このアクチュエータ本体1の対向する2つの側面には、それぞれ外部電極4が形成されている。

【0014】圧電体2は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(Zr, Ti)O_3$ （以下PZTと略す）或いは、チタン酸バリウム $BaTiO_3$ を主成分とする圧電セラミック材料などが使用されるが、これらに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何れでも良い。この圧電体材料としては、圧電率 d_{33} が高いものが望ましい。また、圧電体2の厚み、つまり内部電極3間の距離は、小型化および高い電界を印加するという点から、0.03〜0.2mmであることが望ましい。

【0015】内部電極3は、アクチュエータ本体1の4つの側面全てに端部が露出しており、一対の外部電極4に内部電極3の端部が交互に接続され、同一極性の内部

電極3は同一外部電極4に接続されている。

【0016】また、アクチュエータ本体1の積層方向の両端面には、アクチュエータ本体1を機械的に保持し、発生するパワーを外へ伝達するための不活性部5が積層され、接合されている。

【0017】そして、本発明の圧電アクチュエータでは、外部電極4が、導電板6に所定間隔を置いて凹部7を複数形成するとともに、該凹部7に絶縁体8を収容して構成されており、外部電極4の絶縁体8が内部電極3の端部に交互に当接され、一方、導電板6の凹部7間における導電凸部9が、絶縁体8と非当接の内部電極3の端部に導電性接着剤10により接着されている。つまり、外部電極4は、一方の内部電極3との電気的接続を確保し、他方の内部電極3との絶縁性を確保するものである。

【0018】導電板6は、導電性があり、加工可能であればいずれの金属でもかまわないが、好ましくは、鋳合金、銅合金、ステンレス、Ni-Pe合金、Ni-Pe-C合金等により形成されることが望ましい。

【0019】凹部7は、アクチュエータ本体1の同一側面に露出した内部電極3の端部と、一層おいた内部電極3の端部との間隔、つまり、同一極性の内部電極3間の距離を置いて形成されており、その積層方向の幅は、圧電体2とはほぼ同一とされている。凹部7の形状は断面が四角柱状とされているが、断面が円形状であっても良い。

【0020】絶縁体8は、例えば、ガラス、ガラセラ、エポキシ樹脂、シリコンゴムなどの絶縁性材料からなり、導電板6の凹部7に絶縁性材料を充填し、硬化することにより得られる。この絶縁体8は、図3に示すように、導電板6の導電凸部9の表面から突出しており、この絶縁体8が内部電極3の端部に、接合することなく当接している。絶縁体8の形状は、断面が四角形状とされているが、断面が円形状であっても良い。尚、絶縁体8としてガラスを用いる場合には、ガラスペーストを予め導電板6の凹部7に充填して絶縁体8を形成し、その後、導電凸部9がアクチュエータ本体1の側面に接合される。

【0021】導電性接着剤10は、例えば、Ag粉末を40〜60重量%と、 $PbO-SiO_2-ZrO_2-B_2O_3$ を主成分とするガラス成分40〜60重量%とからペーストを用いて形成される。導電凸部9に形成される導電性接着剤10は、内部電極3の端部と強固に接合させるために、内部電極材料と拡散接合しやすい材料であることが望ましい。内部電極3がAgを含む材料の場合、導電性接着剤10の主成分はAgであることが望ましい。更に接合を強固にするために、内部電極材料に含まれるガラス成分と同一系統のガラス成分を含んでいることが望ましい。尚、導電性接着剤10として、導電性シリコンゴム等の低ヤング率材料を用いることにより、

高速駆動時の導電性接着剤10の破損を防止できる。

【0022】尚、外部電極4の凹部7内面に酸化物膜11を形成しても良い。即ち、凹部7の内面と絶縁体8との間に酸化物膜11を形成することにより、より絶縁性を確保できる。

【0023】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータは、以下のプロセスにより製造される。先ず、チタン酸ジルコン酸鉛Pb(Zr,Ti)O₃などの圧電体セラミックスの微粉粉末と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャスト法により、厚み300~2000μmのセラミックグリーンシートを作製する。

【0024】このグリーンシートの片面に内部電極となる導電性ペーストをスクリーン印刷法により1~10μmの厚みに印刷する。この導電性ペーストを乾燥させた後、導電性ペーストが塗布された複数のグリーンシートを所定の枚数だけ積層し、この積層体の両側に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層する。

【0025】次に加圧を行いながら、100~200℃で加熱を行い、積層体を一体化する。一体化された積層体は所定の大きさに切断され、400~800℃で5~40時間、脱バインダが行われ、900~1100℃、2~5時間で本焼成が行われ、アクチュエータ本体1が作製される。このアクチュエータ本体1の4面周には、内部電極3の端部が露出している。

【0026】一方、外部電極4を、導電板6に所定間隔を置いて複数の凹部7を形成し、これらの凹部7に、例えば、ガラスからなる絶縁性材料のペーストを充填し、乾燥することにより絶縁体8を収容するとともに、導電板6の凹部7間における導電凸部9に導電性接着剤10が塗布され、形成されている。この状態では、導電性接着剤10は、絶縁体8より外側に突出している。

【0027】そして、外部電極4の導電性接着剤10を内部電極3の端部に当接し、加熱接合もしくはレーザー溶接により、外部電極4の導電凸部9が、内部電極3の端部と導電性接着剤10を介して接合されるとともに、外部電極4の絶縁体8が、導電凸部9が接続されている内部電極3の端部に当接することになる。

【0028】この後、図示しないが、アクチュエータの周囲に、デビッキング等の方法により、シリコンゴム等の被覆材で被覆し、図1に示したように、正極用外部電極、負極用外部電極にリード線15を接続し、正極、負極に0.1~3kVの分極電圧を印加し、アクチュエータ全体を分極処理することで、最終的な積層型圧電アクチュエータを得る。

【0029】尚、アクチュエータの周囲の隅々までシリコンゴム等の被覆材で被覆するために、周囲を真空状態にすることが行われているが、この際に、外部電極4の絶縁体8と、内部電極3の端部や圧電体2との間にシリ

コンゴム等の被覆材が浸入することがある。

【0030】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータでは、絶縁体8は内部電極3の端部および圧電体2に当接しており、アクチュエータ本体1が、圧電体2と内部電極3との積層方向に伸縮しても絶縁体8には応力は殆ど作用せず、高電界、高圧力下で長期連続駆動した場合でも絶縁体8が破損することがなく、高速の連続駆動に対しても長時間運転できる。

【0031】さらに、全体をシリコンゴム等の絶縁被覆材によって被覆することにより、環境からの水分の浸入を防止できる。従って、使用する電極部材間のエレクトロマイグレーションの発生を抑制し、電極接続の信頼性を確保することができる。

【0032】尚、本発明の積層型圧電アクチュエータは四角柱、六角柱等のような多角柱形状であっても良いが、切断の容易性から四角柱形状が望ましい。

【0033】

【実施例】PZTを主成分とする厚み0.12mmのグリーンシートにAg/Pdを主成分とする内部電極ペーストを厚み2μmで印刷形成した。内部電極ペーストが塗布されたグリーンシートを30枚積層し、この後、両面に内部電極ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層し、加熱接合して一体化した。

【0034】積層体を縦10mm×横10mm×高さ3.0mmになるように切断し、最高温度700~800℃、20~30時間で脱バインダを行った。その後、最高温度900℃~1100℃で3~6時間焼成を行い、アクチュエータ本体を得た。

【0035】次に、図2に示した形状で、3.0mm×2mmで厚さ0.4mmのステンレス製の導電板の表面に、0.2mmおきに、幅2mmの凹部を形成し、これらの凹部に、導電系ガラスからなる絶縁性材料を充填し、絶縁体を形成するとともに、凹部間の導電凸部にAgとガラスからなる導電性接着剤が塗布され、外部電極を形成した。

【0036】この外部電極を、アクチュエータ本体の側面に位置あわせした後、外部電極の上部に重りをつけて、600℃、30分で加熱接合した。この後、圧電体2の外周部、外部電極4と内部電極1との間に隙間がないようにシリコンゴムを充填した。これを80℃のシリコンオイル中に置き、正極および負極に3kV/mmの直流電界を30分間印加して分極処理を行ない、本発明の積層型圧電アクチュエータを得た。

【0037】得られた積層型圧電アクチュエータに200Vの直流電圧を印加した結果、40μmの変位量が得られた。更にこのアクチュエータに0~200Vの交流電界を50Hzの周波数にて印加した結果、印加回數5×10⁶回まで40μmの変位量を維持した。さらに、本発明の積層型圧電アクチュエータ10個を温度95%の大気中で、0~200Vの交流電界を50Hz

の周波数にて 1×10^8 回印加した場合でも、全く放電が生じず、破損もしなかった。

【0038】また、内部電極の端部に一層おきにガラス層が被覆されており、外部電極は、ガラス層と同じピッチで凹部を有しており、この凹部内にガラス層を収容するように位置合わせし、凹部間の凸部をガラス層が形成されていない内部電極の端部に導電性接着剤で接着した、比較例の積層型圧電アクチュエータを作製した。

【0039】上記と同様に、200Vの直流電圧を印加した結果、40 μ mの変位量が得られた。更にこのアクチュエータに0 \sim +200Vの交流電圧を50Hzの周波数にて印加した結果、印加回数 5×10^8 回まで40 μ mの変位量を維持した。さらに、この積層型圧電アクチュエータ10個を湿度95%の大気中で、0 \sim +200Vの交流電圧を50Hzの周波数にて 1×10^6 回印加したところ、沿面放電のため8個が破損した。破損箇所を観察したところ、内部電極の端部を被覆しているガラス層に割れが生じており、この割れを介して内部電極の端部と外部電極の凹部内面が放電し、沿面放電したことを確認した。

【0040】尚、変位量の測定は、試料を防振台上に固定し、試料上面にアルミニウム箔を張り付けて、レーザー変位計により、素子の中心部及び周囲部3箇所で測定した値の平均値で評価した。

【0041】

【発明の効果】本発明の積層型圧電アクチュエータでは、外部電極の絶縁体は内部電極の端部および圧電体に当接しており、アクチュエータ本体が、圧電体と内部電極との積層方向に伸縮しても絶縁体には応力は殆ど作用せず、高電界、高圧力下で長期間連続駆動させた場合でも絶縁体が破損することがなく、本来、絶縁されるべき外部電極と内部電極との間のショートが発生を防止でき、高速の連続駆動に対しても長時間運転することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の四角柱状の積層型圧電アクチュエータを示す斜視図である。

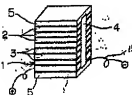
【図2】図1の一部を拡大して示す断面図である。

【図3】外部電極を示す断面図である。

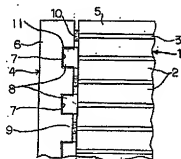
【符号の説明】

- 1・・・アクチュエータ本体
- 2・・・圧電体
- 3・・・内部電極
- 4・・・外部電極
- 6・・・導電板
- 7・・・凹部
- 8・・・絶縁体
- 9・・・導電凸部
- 10・・・導電性接着剤
- 11・・・酸化物膜

【図1】



【図2】



【図3】

